

Détermination systématique des étapes de contrôle et des cotes de fabrication pour les procédés d'usinage

Ephraïm Goldschmidt* ** & Éric Pairel*

*SYMME(Systèmes et Matériaux pour la Mécatronique),
Polytech'Savoie, École d'Ingénieurs - Université de Savoie,
B.P. 80439, 74944 ANNECY LE VIEUX Cedex, FRANCE

**CTDEC, Centre Technique de l'industrie du Décolletage,
BP65, 74301 CLUSES Cedex, FRANCE
ephraim.goldschmidt@univ-savoie.fr

Résumé :

La méthode "académique" de détermination des cotes de fabrication par décomposition de la gamme en plusieurs phases, chacune correspondant à une prise de pièce, n'est plus utilisable lorsque la pièce est produite par une seule machine, comme dans le cas du décolletage. Le transfert des cotes conditions en cotes de fabrication n'est pas pour autant forcément direct car le régleur peut aussi vouloir contrôler la position des surfaces ébauchées lors du réglage de la machine. Ceci conduit à introduire des étapes de contrôle intermédiaires dans la gamme de fabrication. On a, dans cette situation et pour certaines cotes conditions, plusieurs chaînes de cotes possibles et donc plusieurs systèmes de cotes de fabrication possibles.

Abstract :

The "academic" method of manufacturing dimensions determination through the decomposition of the manufacturing plan into several steps, each one corresponding to a part holder, is not usable when the part is produced by only one machine, like in the case of screw machining. The transfer of the condition dimensions in manufacturing dimensions is therefore not always direct because the setup operator might also want to control the position of the unfinished surfaces during the adjustment of the machine. This results in introducing intermediate control steps into the manufacturing plan. In this case and for some condition dimensions, several chains of dimensions are possible, thus several manufacturing dimension systems are possible.

Mots-clefs :

Tolérancement ; Décolletage ; Cote de fabrication

1 Introduction

Les moyens de production ont subi de fortes évolutions techniques durant les dernières décennies. La tendance actuelle est de minimiser le nombre de remise en position de la pièce au cours de sa réalisation de façon à gagner en temps de cycle et en précision. Le métier du décolletage, lui, est fortement soumis à cette problématique pour répondre à des cadences de production et des exigences clients de plus en plus élevées. On constate malheureusement, que les outils méthodiques et logiciels n'ont pas suivi cette même évolution et que l'industrialisation de pièces de complexité croissante pose problème.

Il existe pourtant une méthode d'industrialisation "académique" notamment décrite dans Anselmetti (2003), Padilla *et al.* (1986), Duret (1988). Cette dernière, ne traite malheureusement que de l'industrialisation de pièces usinées de façon conventionnelle et n'est pas directement exploitable dans le cas du décolletage.

Dans cet article nous montrons les limites de la méthode "académique" et proposons une méthode de détermination systématique plus générale des étapes de contrôles et des cotes de

fabrication. Nous illustrerons nos propos au travers d'une pièce exemple simple (cf. Fig.1) tout d'abord réalisée de façon conventionnelle à partir de lopins de matière, puis réalisée en décolletage à partir de barres.

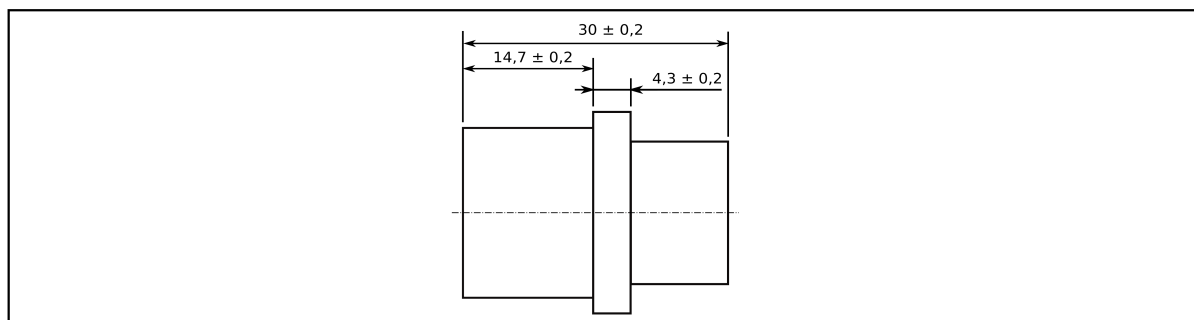


FIG. 1 – Dessin de définition pièce

2 Industrialisation de pièces dans le cas conventionnel

L'usinage conventionnel consiste à réaliser une pièce à partir d'un lopin de matière et par une succession de prise-de-pièces. Dans le cas de notre pièce exemple (cf. Fig. 2.a), un lopin de matière, débité dans une barre (phase 10), est monté dans un premier mandrin (phase 20). Une opération d'ébauche suivie d'une opération de finition réalise le diamètre avant. La pièce est ensuite démontée et remontée dans un second mandrin (phase 30) où le diamètre arrière est réalisé (cf. Fig.2).

Nous rappelons au paragraphe 2.1 la méthode "académique" de décomposition de la gamme en phases et de détermination des cotes de fabrication. Au paragraphe 2.2 nous montrerons que cette décomposition conduit à un nombre d'étapes de contrôle de production souvent trop important du point de vu économique.

2.1 Méthode "académique" de détermination des cotes de fabrication

Pour chaque prise de pièce (chaque phase) une ligne est systématiquement ajoutée dans un *graphe de synthèse* (cf. Fig. 2.b). La face d'appui de chaque phase est repérée par un rond et les faces usinées par des croix. La détermination des cotes de fabrication à maîtriser se fait par la recherche des chaînes minimales de cotes pour chacune des cotes conditions. La solution est alors unique (système de cotes de fabrication unique). Ces cotes de fabrication sont finalement reportées sur les dessins de fabrication de chaque phase (cf. Fig. 2.c).

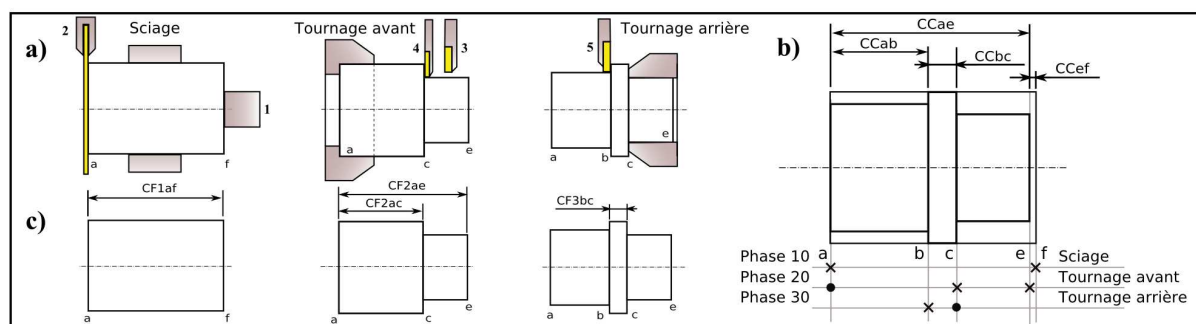


FIG. 2 – Gamme de production

2.2 Limites et ambiguïtés de la méthode "académique"

Le terme phase désigne en général un ensemble d'opérations de fabrication réalisés lors d'une même prise-de-pièce. Dans la méthode "académique" de détermination des cotes de fabrication, chaque phase donne lieu à une ligne sur le graphe de synthèse, c'est à dire à une étape de contrôle. Dans le cas d'un transfert unitaire des pièces entre les différentes prise-de-pièces, comme c'est le cas par exemple dans une machine transfert, il peut être plus économique et plus productif de ne placer qu'une seule étape de contrôle à la fin de la gamme, quitte à perdre quelques pièces en cours de fabrication. Il n'y a donc pas forcément concordance entre phase d'usinage et étape de contrôle contrairement à ce que suggère la méthode "académique" de détermination des cotes de fabrication. En nommant *étape de contrôle* les lignes du graphe de synthèse, on les dissocie des phases de la gamme et on est plus explicite sur le rôle du graphe de synthèse.

D'autre part la notion de phase ou de prise-de-pièce n'est pas suffisante pour savoir à quel moment il faut introduire une étape de contrôle. Nous définissons pour cela la notion de *posage*. Un posage est le fait de figer la position de la pièce par rapport à la machine et donc à ces outils. Un posage peut comporter plusieurs prise-de-pièces et c'est ce qui justifie sa définition. Par exemple en décolletage la pièce est souvent saisie par une contre-broche pour terminer ses formes arrières. Elle change alors de prise-de-pièce mais pas de posage car la position de la contre-broche, et donc de la pièce, reste connue dans la machine. Au minimum il faut prévoir une étape de contrôle par posage (sauf éventuellement dans le cas d'un transfert unitaire qui peut se satisfaire d'une seule étape de contrôle pour tous les posages comme nous l'avons expliqué plus haut).

Toutefois au moment du réglage initial des outils il est nécessaire de contrôler la position des surfaces ébauchées et donc d'introduire une ou plusieurs étapes de contrôle intermédiaires (une ou plusieurs lignes supplémentaires dans le graphe de synthèse). Néanmoins, en production il ne sera pas utile de les contrôler. Nous pensons donc qu'il faut distinguer deux documents : la *gamme de réglage* destinée au réglage initial et la *gamme de production* destinée au suivi de la production. La méthode "académique" actuelle conduit plutôt à la gamme de production.

3 Industrialisation de pièces dans le cas du décolletage : Pratiques actuelles

L'usinage en barre ou encore le décolletage est essentiellement utilisé pour la réalisation de grandes, voir de très grandes séries de pièces. L'idéal est que la pièce soit réalisée entièrement par une même machine à décolleter. Le fait que la pièce "tombe" terminée de la machine et que

l'interruption de cette dernière soit difficilement envisageable en production pour des raisons de cadence, les étapes de contrôle pour le réglage et pour la production seront différentes.

Malgré le fait qu'il n'existe pas de méthode bien définie pour l'industrialisation des pièces de décolletage, les pratiques sont similaires d'entreprise à entreprise s'appuyant sur leurs expériences antérieures. Généralement, à partir du dessin de définition, deux types de documents sont générés : Le dessin de fabrication qui correspond au dessin de définition complété, aménagé et remis au format interne de l'entreprise et la gamme d'usinage qui définit les outils et la chronologie des opérations d'usinage. Par exemple, pour une machine à décolleter multi-broches, la gamme d'usinage indique quels outils seront montés pour chaque poste. C'est avec ces documents, que le régleur, devant sa machine, va définir l'ordre de montage des outils, les cotes de pré-réglage nécessaires au positionnement initial des outils par rapport au nez de la broche ainsi que les cotes de fabrication et leurs tolérances associées nécessaires au réglage des outils. Il va de soi, que malgré la bonne volonté du régleur, les choix effectués ne sont pas forcément optimaux. Pourtant, la majorité des informations manquantes pourrait être déterminées en amont par le bureau méthode si des méthodes et des outils logiciels existaient ! Nous proposons au paragraphe suivant, les premiers éléments d'une telle méthode.

4 Génération systématique des étapes de contrôle et des cotes de fabrication

4.1 Introduction

Suite au constat qui vient d'être fait, nous proposons dans cette section une méthode systématique permettant de déterminer les étapes de contrôle et les cotes de fabrication pour la gamme de production et la gamme de réglage de la pièce exemple réalisée en décolletage.

La figure 3.a présente les outils numérotés selon la chronologie d'usinage permettant de réaliser la pièce dans une barre : l'outil 1 est une butée escamotable que l'on assimile à l'outil générant la face f, l'outil 2 est l'outil de chariotage avant générant la face ébauchée d, l'outil 3 est l'outil de fonçage arrière générant la face finie b, l'outil 4 est l'outil de fonçage avant générant les faces finies c et e et pour finir, l'outil 5 tronçonne la pièce, face a.

4.2 Gamme de production

En production, toutes les opérations sont réalisées dans le même posage (cf. Fig.3.a). Il suffit donc d'une étape de contrôle pour laquelle les cotes de fabrication sont alors directement les cotes client. La figure 3.b présente le graphe de synthèse des étapes de contrôle et la figure 3.c le dessin de fabrication qui serait dans ce cas identique au dessin de définition. C'est la raison pour laquelle le dessin client est souvent directement donné au régleur.

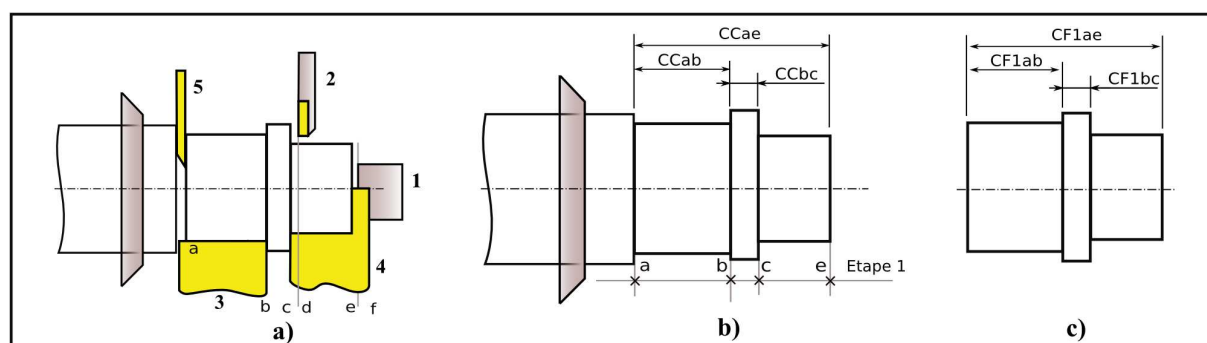


FIG. 3 – Gamme de fabrication mono-posage

4.3 Gamme de réglage

On observe fréquemment que les réglleurs sont habitués à monter et à régler chaque outil l'un après l'autre. Pour cela, ils tronçonnent la pièce après le montage de chaque outil pour mesurer la position des surfaces qui viennent d'être usinées. Ceci induit de nombreuses étapes de contrôle (une par outil) et d'autre part il doit par lui même déterminer les cotes de fabrication à mesurer. Or il est possible de fortement diminuer le nombre d'étapes de contrôles et donc le temps de réglage en regroupant les outils par étapes.

La première étape de contrôle doit permettre de régler les surfaces ébauchées mais on peut en même temps réaliser certaines surfaces finies. On peut donc regrouper, dans la première étape, les outils d'ébauche 1 et 2 et les outils de finition 3 et 5 (cf. Fig.4.a et 4.b). La dernière étape (étape 2) permettra de régler les surfaces finies c et e réalisées par l'outil 4.

On remarque alors que la gamme de réglage ne suit pas forcément l'ordre chronologique de la gamme de production puisque l'outil 5 est réglé avant l'outil 4 et qu'en mono-posage, une nouvelle pièce est réusinée pour chaque étape de contrôle.

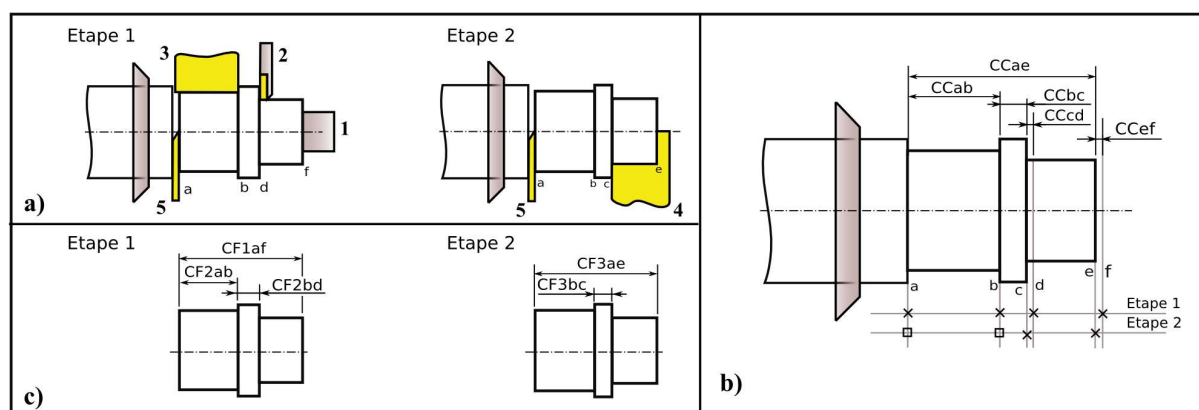


FIG. 4 – Gamme de réglage mono-posage

A l'étape 2, les cotes de fabrication, qui permettront de contrôler la position des faces c et e, peuvent être mesurées entre ces faces et toutes celles déjà existantes sur la pièce (face a et b). On a donc le choix de la face de passage entre les faces réalisées à l'étape 1 et celles réalisées à l'étape 2 pour chaque chaînes de cotes associées aux différentes cotes condition. Nous faisons apparaître ce choix possible par des "carrés" pour les faces existantes pour la ligne de l'étape de

contrôle 2. Ainsi la cote condition CCcd admet deux chaînes minimales de cotes, l'une passant par la face a (cf. Fig.5.a) et l'autre par la face b (cf. Fig.5.b). Il en va de même pour la cote condition CCef. On pourra choisir le système de cotes de fabrication donnant les plus grandes tolérances à la production, mais d'autres critères de choix sont possibles (facilité de mesure, difficulté de fabrication, etc.).

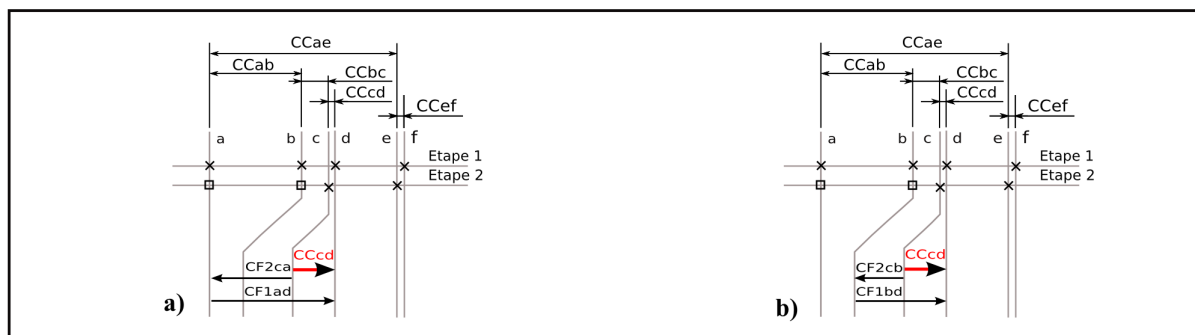


FIG. 5 – Détermination des chaînes minimales de cotes

Par comparaison, dans la méthode "académique", la face de passage d'une étape à l'autre est unique et correspond à la face d'appui. Il n'y a donc qu'une seule chaîne minimale de cotes pour chaque cote condition. C'est là une différence fondamentale entre la méthode présentée et la méthode "académique".

5 Conclusion

Nous venons de mettre en évidence les limites de la méthode "académique" de détermination des cotes de fabrication pour des pièces réalisées en décolletage (*mono-posage*). La méthode que nous venons de proposer, utilisant les notions de *posages* et d'*étapes de contrôle* que nous avons défini au paragraphe 2.2, nous permet d'avoir une approche générale pour établir les *gammes de réglage* ou les *gammes de production* des pièces réalisées en usinage conventionnel (*multi-posages*) et en décolletage (*mono-posage*).

Références

- Anselmetti B., 2003, Cotation de fabrication et métologie. Hermes, ISBN 2-7462-0667-6.
- Duret D., 1988, Cotation et méthodes de contrôle en fabrication mécanique. Editions Augustin, ISBN 2-907179-03-2.
- Padilla P., Anselmetti B., Mathieu L., Raboyeau M., 1986, Production mécanique. Dunod, ISBN 2-04-016467-7.